

## LARGE AREA MICROWAVE PLASMA APPARATUS

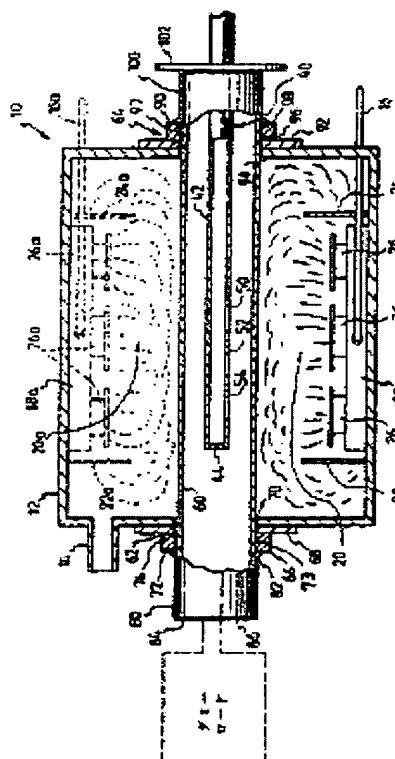
**Patent number:** JP2011772  
**Publication date:** 1990-01-16  
**Inventor:** JIEFURII EMU KURISUKO; YOAHIMU DOORAA  
**Applicant:** ENERGY CONVERSION DEVICES INC.; CANON KK  
**Classification:**  
- **international:** C23C16/50  
- **european:**  
**Application number:** JP19890075228 19890329  
**Priority number(s):** US19880174659 19880329

**Also published as:**

EP0335675 (A2)  
US4893584 (A1)  
EP0335675 (A3)  
EP0335675 (B1)

Abstract not available for JP2011772  
Abstract of correspondent: **EP0335675**

Microwave energy apparatus adapted to sustain a substantially uniform plasma over a relatively large area. In the broadest form of the invention, an isolating window is disposed about the microwave applicator, said isolating window formed from a material through which the microwave energy can be transmitted from the applicator into a plasma reaction vessel and said isolating window configured in a shape which is substantially optimized to withstand compressive forces. In this manner, the thickness of the isolating window may be minimized to provide for rapid thermal cooling, whereby high power densities may be achieved without cracking the window.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

⑬ 日本国特許庁(JP)

⑭ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-11772

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑯ 公開 平成2年(1990)1月16日

C 23 C 16/50

8722-4K

審査請求 未請求 請求項の数 55 (全 17 頁)

⑰ 発明の名称 大面積マイクロ波プラズマ装置

⑱ 特 願 平1-75228

⑲ 出 願 平1(1989)3月29日

優先権主張 ⑳ 1988年3月29日㉑米国(US)㉒174,659

⑳ 発 明 者 ヨアヒム ドーラー アメリカ合衆国, 48085 ミシガン, ユニオン レイク,  
ヴェニス ドライブ 6183

㉑ 出 願 人 エナージイ コンヴァー ジョン デイヴアイ アメリカ合衆国, 48084 ミシガン, トロイ, ウェスト  
セス, インコーポレー メイブル ロード 1675  
テッド

㉒ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

㉓ 代 理 人 弁理士 岡部 正夫 外7名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称 大面積マイクロ波プラズマ装置

2. 特許請求の範囲

1. 比較的大きな面積にわたってほぼ均一なプラズマを維持するマイクロ波エネルギー装置において、

プラズマ領域にプラズマを発生させ、それを維持する真空容器と、

この真空容器内に設けてあって、プラズマ領域に対して作動並列状態に基体手段を支持する手段と、

前記真空容器を所望の比較的低い、ほぼ部分真空状態に維持する手段と、

前記真空容器内にプロセス・ガスを導入する手段と、

前記真空容器の内部に少なくとも部分的に突入しているアプリケーション手段であって、マイクロ波エネルギーをそのソースから前記真空容器の内部にほぼ均一に放射してそこに導入されたプロセス・ガスからのプラズマを維持

するようになっているアプリケーション手段と、マイクロ波を放射しているアプリケーション手段をプラズマ領域から絶縁する絶縁手段であって、マイクロ波エネルギーが貫いて前記アプリケーション手段から前記真空容器内へ放射される材料で作ってあり、また、圧力差に耐えるようにほぼ最適化された形状になっている絶縁手段と

を包含し、それによって、絶縁手段の厚さを最小限に抑えることができ、また、アプリケーション手段および絶縁手段が前記真空容器内に配置された基体手段の細長い表面に沿ってほぼ均一なプラズマ操作をなすようになっていることを特徴とするマイクロ波エネルギー装置。

2. 請求項1記載の装置において、前記絶縁手段がほぼ円筒形であることを特徴とする装置。

3. 請求項1記載の装置において、前記絶縁手段がほぼ半円筒形であることを特徴とする装置。

4. 請求項2記載の装置において、前記円筒形

の絶縁手段が少なくとも前記アプリケーション手段の前記真空容器内に延びている部分を取り囲んでいることを特徴とする装置。

5. 請求項 4 記載の装置において、前記アプリケーション手段が前記絶縁手段内にその周壁から隔たって作動可能に配置してあることを特徴とする装置。
6. 請求項 2 記載の装置において、さらに、前記円筒形の絶縁手段と前記真空容器の間に配置した真空シールを形成する手段を包含することを特徴とする装置。
7. 請求項 6 記載の装置において、前記円筒形の絶縁手段の内外間で圧力差が維持されていることを特徴とする装置。
8. 請求項 7 記載の装置において、さらに、前記円筒形絶縁手段の内部の圧力をほぼ大気圧のレベルに維持する手段を包含することを特徴とする装置。
9. 請求項 8 記載の装置において、前記圧力維持手段が前記円筒形絶縁手段の外部に配置し

た前記真空容器の圧力を修正パッシェン曲線の最低値のところでの動作に必要な圧力に近い圧力に維持するようになっていることを特徴とする装置。

10. 請求項 1 記載の装置において、前記絶縁手段の周壁の厚さがその内外間に存在する圧力差に耐えるように設計してあることを特徴とする装置。
11. 請求項 1 記載の装置において、さらに、前記真空容器の内部に導入するように用意した少なくとも 1 種類の半導体含有先駆物質ガスを包含し、基体手段に半導体材料を堆積させるようになっていることを特徴とする装置。
12. 請求項 1 記載の装置において、さらに、前記真空容器の内部に導入するように用意した少なくとも 1 種類のエッチング剤含有先駆物質ガスを包含し、基体手段をエッチングするようになっていることを特徴とする装置。
13. 請求項 1 記載の装置において、さらに、分解して基体手段上に絶縁薄膜を付着させた

3

4

りするようになっている先駆物質ガスを包含し、これらの先駆物質ガスが前記真空容器内へ導入されることを特徴とする装置。

14. 請求項 1 記載の装置において、前記アプリケーション手段が細長い導波管であり、この導波管がそこからほぼ均一に前記真空容器内へマイクロ波エネルギーを放射する矩形手段を包含することを特徴とする装置。
15. 請求項 14 記載の装置において、前記矩形の導波管がその長手軸線に沿って細長くなっており、その面の 1 つを貫いて少なくとも 1 つの孔手段が形成してあり、この孔手段からマイクロ波を発するようになっていることを特徴とする装置。
16. 請求項 15 記載の装置において、前記孔手段が複数の孔を包含し、これらの孔が前記矩形導波管の長手方向に隔たって設けてあることを特徴とする装置。
17. 請求項 15 記載の装置において、前記孔手段が単一の細長い孔を包含することを特徴

とする装置。

18. 請求項 15 記載の装置において、さらに、前記真空容器内に前記支持手段によって作動可能に配置された細長い基体手段を包含し、前記孔手段の長さが前記細長い基体の長さにほぼ同じであることを特徴とする装置。
19. 請求項 18 記載の装置において、前記基体手段が単一の細長い部材であることを特徴とする装置。
20. 請求項 18 記載の装置において、前記基体手段が前記導波管の長手方向に整列した複数の個別の基体部分を包含することを特徴とする装置。
21. 請求項 18 記載の装置において、前記基体手段が前記導波管の長手方向を横切って連続的に移動するようになっている細長いウェーブであることを特徴とする装置。
22. 請求項 14 記載の装置において、前記均一に放射する手段が放射されるマイクロ波の 1 波長分より大きい寸法にわたって前記導波

5

6

管からマイクロ波エネルギーを均一に放射するようになっていることを特徴とする装置。

- 2 3. 請求項 2 2 記載の装置において、前記均一に放射する手段が 1 2 インチ (3 0. 4 8 センチメートル) より大きい寸法で前記導波管からマイクロ波エネルギーを均一に放射するようになっていることを特徴とする装置。
- 2 4. 請求項 1 5 記載の装置において、前記均一に放射する手段が、さらに、ほぼ均一な密度のマイクロ波エネルギーを前記孔手段から全長にわたって確実に発するようにシャック手段を包含することを特徴とする装置。
- 2 5. 請求項 1 記載の装置において、さらに、前記絶縁手段を冷却する手段を包含することを特徴とする装置。
- 2 6. 請求項 2 5 記載の装置において、前記冷却手段が前記絶縁手段の内周面に沿って流れるようになっている空気流を包含することを特徴とする装置。
- 2 7. 請求項 2 5 記載の装置において、前記冷

却手段が前記絶縁手段の内部に形成してあって前記絶縁手段との間に導管を構成する同様の形状の同心円と、前記導管を通して流れるようになっている冷却流体とを包含することを特徴とする装置。

- 2 8. 請求項 1 記載の装置において、さらに、ほぼ平らな基体手段を包含することを特徴とする装置。
- 2 9. 請求項 2 8 記載の装置において、前記基体手段が前記アプリケーション手段の近距離場内に作動可能に並置してあることを特徴とする装置。
- 3 0. 比較的大きな面積にわたってほぼ均一なプラズマを維持するマイクロ波エネルギー装置において、

プラズマ領域にプラズマを発生させ、それを維持する真空容器と、

この真空容器内に設けてあって、プラズマ領域に対して作動並列状態に基体手段を支持する手段と、

7

前記真空容器を所望の比較的低い、ほぼ部分真空状態に維持する手段と、

前記真空容器内にプロセス・ガスを導入する手段と、

前記真空容器の内部に少なくとも部分的に突入しているアプリケーション手段であって、マイクロ波エネルギーをそのソースから前記真空容器の内部に伝達してそこに導入されたプロセス・ガスからのプラズマを維持するようになっているアプリケーション手段と、

マイクロ波アプリケーション手段をプラズマ領域から絶縁する円筒形の絶縁手段であって、マイクロ波エネルギーが貫いて前記アプリケーション手段から前記真空容器内へ伝達され得る材料で作ってある絶縁手段と、

を包含し、それによって、マイクロ波アプリケーション手段および絶縁手段が前記真空容器内に配置された基体手段の細長い表面に沿ってほぼ均一なプラズマ操作をなすようになっていることを特徴とするマイクロ波エネルギー装

8

置。

- 3 1. 請求項 3 0 記載の装置において、前記アプリケーション手段が前記真空容器内にマイクロ波エネルギーを放射するようになっていることを特徴とする装置。
- 3 2. 請求項 3 0 記載の装置において、前記アプリケーション手段が前記マイクロ波エネルギーが前記真空容器内に伝達されるときにエバネッセント・マイクロ波運動を伝播するようになっている低速波構造であることを特徴とする装置。
- 3 3. 請求項 3 0 記載の装置において、前記円筒形の絶縁手段が少なくとも前記アプリケーション手段の前記真空容器内に突入している部分を取り囲んでいることを特徴とする装置。
- 3 4. 請求項 3 3 記載の装置において、前記アプリケーション手段が前記絶縁手段内にその周壁から隔たって作動可能に配置してあることを特徴とする装置。
- 3 5. 請求項 3 0 記載の装置において、さらに、

9

1 0

- 前記円筒形の絶縁手段と前記真空容器の間に配置した真空シールを形成する手段を包含することを特徴とする装置。
- 3 6. 請求項 3 5 記載の装置において、前記円筒形の絶縁手段の内外間に圧力差が維持されることを特徴とする装置。
- 3 7. 請求項 3 6 記載の装置において、さらに、前記円筒形絶縁手段の内部の圧力をほぼ大気圧のレベルに維持する手段を包含することを特徴とする装置。
- 3 8. 請求項 3 7 記載の装置において、前記圧力維持手段が前記円筒形絶縁手段の外部に配置した前記真空容器の圧力を修正パッシェン曲線の最低値のところで動作に必要な圧力に近い圧力に維持するようになっていることを特徴とする装置。
- 3 9. 請求項 3 0 記載の装置において、前記絶縁手段の周壁の厚さがその内外間に存在する圧力差に耐えるように設計してあることを特徴とする装置。

1 1

- 4 4. 請求項 4 3 記載の装置において、さらに、前記真空容器内で前記支持手段によって作動可能に配置した細長い基体手段を包含し、前記はしご形手段の長さが前記細長い基体の長さとはほぼ同じであることを特徴とする装置。
- 4 5. 請求項 4 3 記載の装置において、前記基体手段が単一の細長い部材であることを特徴とする装置。
- 4 6. 請求項 4 3 記載の装置において、前記基体手段が前記導波管の長手方向に整列した複数の個別の基体部材を包含することを特徴とする装置。
- 4 7. 請求項 4 3 記載の装置において、前記基体手段が前記導波管の長手方向を横切って連続的に移動するようになっていることを特徴とする装置。
- 4 8. 請求項 4 3 記載の装置において、前記均一伝達手段が伝達されつつあるマイクロ波の 1 波長分より大きい寸法に対して前記導波管からマイクロ波エネルギーを均一に伝達するよ

1 3

- 4 0. 請求項 3 0 記載の装置において、さらに、前記真空容器の内部に導入するように用意した少なくとも 1 種類の半導体含有先駆物質ガスを包含し、基体手段に半導体材料を堆積させるようになっていることを特徴とする装置。
- 4 1. 請求項 3 0 記載の装置において、さらに、前記真空容器の内部に導入するように用意した少なくとも 1 種類のエッチング剤含有先駆物質ガスを包含し、基体手段をエッチングするようになっていることを特徴とする装置。
- 4 2. 請求項 3 0 記載の装置において、さらに、分解して基体手段上に絶縁薄膜を付着させたりするようになっている先駆物質ガスを包含し、これらの先駆物質ガスが前記真空容器内へ導入されることを特徴とする装置。
- 4 3. 請求項 3 0 記載の装置において、前記アブリケータ手段が細長い低速導波管であり、この導波管が前記真空容器の内部へマイクロ波エネルギーをほぼ均一に伝達するはしご形手段を包含することを特徴とする装置。

1 2

- うになっていることを特徴とする装置。
- 4 9. 請求項 4 8 記載の装置において、前記均一伝達手段が 1 2 インチより大きい寸法で前記導波管からマイクロ波エネルギーを均一に伝達するようになっていることを特徴とする装置。
- 5 0. 請求項 4 3 記載の装置において、前記均一伝達手段が、さらに、ほぼ均一な密度のマイクロ波エネルギーを前記導波管の全長にわたって確実に発するようになっていることを特徴とする装置。
- 5 1. 請求項 3 0 記載の装置において、さらに、前記絶縁手段を冷却する手段を包含することを特徴とする装置。
- 5 2. 請求項 5 1 記載の装置において、前記冷却手段が前記絶縁手段の内周面に沿って流れる空気流を包含することを特徴とする装置。
- 5 3. 請求項 5 1 記載の装置において、前記冷却手段が前記絶縁手段の内部に配置してあって、前記絶縁手段との間に導管を構成する同

1 4

心の円筒と、前記導管を流れるようになって  
いる冷却流体とを包含することを特徴とする  
装置。

5 4. 請求項 3 0 記載の装置において、さらに、  
ほぼ平らな基体手段を包含することを特徴と  
する装置。

5 5. 請求項 5 4 記載の装置において、前記基  
体手段が前記アブリーク手段の近距離場内  
に作動可能に並置してあることを特徴とする  
装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (発明の分野)

本発明は、一般的に言えば、比較的大きな面積  
にわたってほぼ均一なプラズマを維持できるマイ  
クロ波エネルギー装置、一層詳しくは、大面積にわ  
たって均一なマイクロ波開始式グロー放電プラズ  
マを生成する新規なマイクロ波エネルギー装置に関  
する。このマイクロ波エネルギー装置はプラズマを  
持続させるための真空容器と、プロセス・ガスソ  
ースと、マイクロ波エネルギーを放射したり、ある  
いは、エバネッセント波を経て前記真空容器の内  
部へマイクロ波エネルギーを伝達するようになって  
いるマイクロ波アブリーク手段（マイクロ波導入手段）  
とを包含する。マイクロ波エネルギー装置は、さらに、  
真空容器内に生じたプラズマ領域からマイクロ波アブ  
リーク手段を隔離するための絶縁窓を包含する。このマ  
イクロ波エネルギー装置はマイクロ波アブリーク手段の近  
距離場内に配置された基体に対してほぼ均一なプラズ  
マ反応をもたらすようになっている。

#### (発明の背景)

1 5

調理用マイクロ波オーブンの近年の急増により、  
「マイクロ波」なる用語は事実上家庭用語となっ  
ている。このようなオーブンの大量生産によって  
得られた知識の結果として、効率の良いマイクロ  
波エネルギーソースのキロワット当りのコストが急  
激に低下し、商業的にも工業的にも広範囲にわた  
って新しい用途が開かれた。その 1 つの用途とし  
て、プラズマ処理プロセス、半導体エッチング、  
薄膜堆積プロセスその他の工程で使用するプラ  
ズマを効率良く発生させ、持続させるのにマイク  
ロ波が使用される。

普通のマイクロ波オーブンはマイクロ波エネル  
ギの不均一を平均するように機械的手段を使用し  
て食品を均一に加熱するようになっており、加熱  
されている食品の熱緩和時間が比較的長いという  
利点を採用しているが、同じ技術をプラズマを生  
成するようにガスを均一に励起する仕事には使用  
できない。熱緩和時間が短いからである。オーブ  
ンの分野で用いられているファンはその他の機械  
的な「マイクロ波拡散器」は、それを実際にどん

1 6

なに速く回転させ得たとしても、プラズマ励起に  
適した時間尺度ではマイクロ波エネルギーを均一に  
分散させることはできない。プラズマの均一なマ  
イクロ波励起を行なうには他の手段を用いなければ  
ならない。マイクロ波プラズマ堆積技術の先行  
例がこの分野の技術状態を示しており、エネルギー  
の均一性を高める際に遭遇する問題と、本発明の  
新規なマイクロ波プラズマ発生構造による利点と  
を際立たせている。

共同譲渡された、Ovshinsky等の、共に(METHOD  
OF MAKING AMORPHOUS SEMICONDUCTOR ALLOYS AND  
DEVICES USING MICROWAVE ENERGY)なる名称の米  
国特許第4,517,223 号および第4,504,518 号(こ  
れらの開示事項はここに参考資料として援用する)  
には、低圧マイクロ波グロー放電プラズマ内で小  
面積の基体に薄膜を堆積させる方法が記載されて  
いる。これらOvshinsky等の特許に具体的に述べ  
られているように、開示された低圧法での操作は  
プラズマ内の粉末や重合生成物を排除するばかり  
でなく、最も経済的なプラズマ堆積様式も提供す

1 7

1 8

る。これらの米国特許は、マイクロ波エネルギーを利用して低圧かつ高エネルギー密度の（すなわち、パッシュン(Paschen) 曲線のほぼ最低値のところでの）堆積を行なうためにすぐれた方法を記載しているが、大面積にわたって堆積を均一に行なうについての問題は未解決のままである。

大面積基体のためのマイクロ波アプリケーションに目を転ずると、共同譲渡されたFournier等の「METHOD AND APPARATUS FOR MAKING ELECTROPHOTOGRAPHIC DEVICES」なる名称の米国特許第4,729,341号（この開示事項をここに参考資料として援用する）に、高パワープロセスにおいて一対の放射型導波管アプリケーションを用いて大面積の円筒形基体に光導電性半導体薄膜を堆積させる低圧マイクロ波開始式プラズマ法が記載されている。しかしながら、そこに記載されている大面積堆積の原理は円筒形の基体、たとえば、電子写真用光受容体に限られており、そこで使用される技術は大面積でほぼ平らな基体に直ちに転用することはできない。

19

PLASMA FOR THE TREATMENT OF SUBSTRATE IN PARTICULAR FOR THE PLASMA POLYMERIZATION OF MONITORS THEREON」なる名称の米国特許第4,521,717号が、共に、この問題を、マイクロ波アプリケーションと処理しようとしている基体の間に種々の空間的關係を与えることによって処理している。

低速波構造は、たとえば、Weissfloch等の、「APPARATUS AND METHODS FOR PLASMA GENERATION AND MATERIAL TREATMENT WITH ELECTROMAGNETIC RADIATION」なる名称の米国特許第3,814,983号およびKieser等の、「APPARATUS FOR PRODUCING A MICROWAVE PLASMA FOR THE TREATMENT OF SUBSTRATE IN PARTICULAR FOR THE PLASMA POLYMERIZATION OF MONITORS THEREON」なる名称の米国特許第4,521,717号に記載されている。一層詳しく言えば、Weissfloch等の特許は均一な磁場強度を得る際に遭遇する問題を開示している。Weissfloch等は、低速波導波管構造の全長に沿って均一なパワー密度のプラズマに必要な均一な磁場強度を得る

21

この分野での多くの研究者が高出力のマイクロ波持続式プラズマを利用して薄膜を処理する方法を開示してきた。しかしながら、マイクロ波プラズマは大面積あるいは低圧での堆積にはあまり適してはいなかった。これは表面処理の不均一性、したがって、エネルギーの不均一性のためである。均一性を高める1つの試みは低速波マイクロ波構造の使用である。しかしながら、低速波構造には、マイクロ波アプリケーションに対する横方向の距離の関数としてのプラズマへのマイクロ波結合の急速な低下という固有の問題がある。この問題は、従来技術では、処理しようとしている基体からの低速波構造の間隔を変える種々の構造によって処理されていた。こうすれば、基体の表面のところでエネルギー密度が基体の移動方向に沿って一定となる。たとえば、Weissfloch等の、「APPARATUS AND METHOD FOR PLASMA GENERATION AND MATERIAL TREATMENT WITH ELECTROMAGNETIC RADIATION」なる名称の米国特許第3,814,983号およびKieser等の、「APPARATUS FOR PRODUCING A MICROWAVE

20

ためには、基体に対して或る角度に導波管構造を傾斜させる必要があると開示している。基体に対する均一性を達成するために低速波導波管構造を傾斜させるということはプラズマ内へのマイクロ波エネルギーの効率の悪い結合に通じる。

低速波構造のこの欠陥を認識した上で、Kieser等は反平行配列とした2つの導波管構造の使用を提案した。こうすると、2つの導波管構造のエネルギー入力相互に重なり合わされる。一層詳しくは、Kieser等は、エネルギー入力の重なり合い、すなわち、2つのマイクロ波アプリケーションから生じる状態をさらに改良するには、2つの低速波アプリケーションを互いに或る角度でセットし、アプリケーションの中央に対して直角の平面を処理しようとしている基体の表面に対して平行で基体の移動方向に対して直角に延びる直線で交差するようにすればよいと記載している。さらに、Kieser等は、2つのアプリケーションのマイクロ波フィールドパターンの有害な干渉を避けるには、アプリケーションを導波管のクロスバー間のスペースの半分に等しい距

22

離だけ基体の移動方向に対して横方向へ互いに変位させなければならないと薦めている。Kieser等はこうすればマイクロ波フィールドバターンをほぼ抑えることができると開示している。

プラズマの均一性、一層詳しくは、エネルギーの均一性についての問題はJ. Asmussenとその共同研究者によって処理される。たとえば、これは T. Roppel等の「LOW TEMPERATURE OXIDATION OF SILICON USING A MICROWAVE PLASMA DISC SOURCE」、J. Vac. Sci. Tech. B-4(1986年1月～2月) 295頁～298頁およびM. Dahimene & J. Asmussenの「THE PERFORMANCE OF MICROWAVE ION SOURCE IMMERSED IN A MULTICUSP STATIC MAGNETIC FIELD」J. Vac. Sci. Tech. B-4(1986年1月～2月) 126頁～130頁に記載されている。これらの論文および他の論文で、Asmussenおよびその共同研究者はマイクロ波プラズマ・ディスク・ソース(MPDS)と呼ぶマイクロ波リアクタを記載している。プラズマはディスクあるいはタブレットの形をしていると報告されており、その直

径がマイクロ波周波数の関数となっている。

Asmussenおよびその共同研究者の考えている重要な利点はプラズマ・ディスク・ソースを周波数に釣り合わせることができるということである。すなわち、2.45ギガヘルツの通常のマイクロ波周波数で、プラズマ・ディスクの直径は10センチメートルであり、プラズマ・ディスクの厚みは1.5センチメートルであるが、マイクロ波周波数を減らすことによってディスク直径を大きくすることができるということにある。Asmussenおよびその共同研究者は、こうすれば、プラズマ幾何学的形状を大直径に釣り合わせることができ、潜在的に大表面積にわたって均一なプラズマ密度を生じさせることができると述べている。しかしながら、Asmussenだけは、2.45ギガヘルツで作動できるように設計したマイクロ波プラズマ・ディスク・ソースの場合にプラズマの閉じ込め直径が10センチメートルであり、プラズマ体積が118立方センチメートルであると述べている。これは大面積とは違いものである。しかしながら、

23

Asmussenおよびその共同研究者は915メガヘルツのより低い周波数で作動するように設計したシステムを提案し、このより低い周波数のソースが約40センチメートルのプラズマ直径を与え、2000立方センチメートルのプラズマ体積を与え、と言っている。

Asmussenおよびその共同研究者は、さらにマイクロ波プラズマ・ディスク・ソースが幅広ビーム・イオン・ソースとしてあるいは処理している材料のためのプラズマ・ソースとして使用でき、また、もっと低い周波数、たとえば、400メガヘルツで作動することによって1メートルを超える放電直径まで増大させられ得るとも述べている。Asmussenおよびその共同研究者のマイクロ波プラズマ・ディスク・ソースは、原則的に比較的大きな表面積を与えるが、そうするためには周波数の調節を必要とする。プラズマ処理機械の寸法の変動に対してこの方法は厳しい経済的な結果を招く。ほんの2.45ギガヘルツのマグネトロンが開発されたが、これは安価でもあり、大パワー能力も持

24

っている。他の一定の周波数の高パワーマイクロ波ソースは高価なままであり、可変周波数式高パワーマイクロ波ソースは極めて高価である。

さらに、堆積した材料の質や堆積速度は励起周波数に依存する。このプラズマ寸法を高めるための周波数の変更は材料の質や薄膜堆積速度での妥協を伴う可能性がある。さらに、Asmussenの開示したシステムで使用されている磁石は大きな寸法に作らなければならない、励起周波数を変えたとき磁界強度を変えなければならない。したがって、プラズマ寸法を変える手段として、Asmussen方法は他の重要な堆積パラメータを強固に結合し、したがって、操作の融通性を低下させるという欠点を持つ。

Hitachiの研究者等は、たとえば、Suzuki等の米国特許第4,481,229号で、電子サイクロトロン共鳴現象を使用して限られた表面積にわたって比較的高い均一度を有する高パワープラズマを得ることを述べている。しかしながら、Hitachi特許は均一な大面積プラズマを達成できる方法を教示

25

26



してもいなければ示唆さえしていない。さらに、電子サイクロトロン共鳴の使用はマイクロ波装置に付加的に非常に均一な磁場構造を必要とし、作動も電子衝突時間がサイクロトロン共鳴状態を達成するに十分に長い非常に低圧の方法にのみ限られる。

前記の米国特許第4,517,223号および同第4,729,341号は非常に高いマイクロ波パワー密度プラズマにおいて非常に低い圧力を使用する必要性を記載している。高い堆積速度あるいは高いガス利用度またはこれら両方を得るためには低圧の使用が必要であり、米国特許第4,517,223号および同第4,729,341号はプラズマ処理を経済的に実施するには低プラズマ圧力が絶対必要であると強調している。しかしながら、高堆積速度、高ガス利用度、高パワー密度および低圧の関係は、さらに、低速波構造および電子サイクロトロン共鳴方法の利用を制限する。以下に述べる方法および装置によれば、低速波構造および電子サイクロトロン共鳴法の制限はむしろ処理されるし、前記の米国特

許第4,517,223号および同第4,729,341号に記載されている堆積速度および低圧法が得られる。

(発明の簡単な概要)

ここには、比較的大きな面積にわたってほぼ均一なプラズマを持続させ得るマイクロ波エネルギー装置が開示される。一層詳しく言えば、この装置はプラズマをすなわちそのプラズマ領域で発生させ、持続させ、閉じ込める真空容器と、この真空容器内に配置してあってプラズマ領域に対して作動可能に並置された状態で基体を支持する手段と、前記真空容器を所望の比較的低い、ほぼ部分真空状態に維持する手段と、前記真空容器内にプロセス・ガスを導入する手段と、前記真空容器の内部に少なくとも部分的に突入し、マイクロ波をそのソースから前記真空容器の内部に放射するようになっているアプリケーション手段と、マイクロ波を放射しているアプリケーション手段をプラズマ領域から絶縁する手段とを包含する。この絶縁手段はマイクロ波エネルギーが貫いて前記アプリケーション手段から前記真空容器内へ放射され得る材料で作ってあ

27

り、また、それが受ける圧力差に耐えるようにほぼ最適化された形状になっている。それによって、絶縁手段の厚さを最小限に抑えることができ、また、前記真空容器内に配置された基体手段の細長い表面に沿ってほぼ均一なプラズマ操作がなされるようになっている。

絶縁手段は少なくともアプリケーション手段の容器内へ延びる部分を取り囲むように円筒形または半円筒形であると好ましいが、他の全体的に滑らかに湾曲した表面を同等の成功をもって使用できる。円筒形の絶縁手段と容器壁面との間には真空シールが配置され、円筒形絶縁手段の内外間に圧力差を維持できるようになっている。したがって、圧力(真空)維持手段が設けられて修正パッシェン曲線の最低値付近でのプラズマ操作に必要な圧力に近い圧力に前記円筒形絶縁手段の外部に配置した前記容器の圧力(真空)を維持する。絶縁手段の周壁の厚さはその内外間に存在する圧力差に耐えるように設計される。

真空容器は種々のプラズマ操作をなし得る。第

28

1実施例では、少なくとも1種類の堆積先駆物質(前駆体)ガス、たとえば、半導体元素含有ガスが真空容器の内部に導入され、基体手段上に金属、半導体合金材料、超伝導合金材料、誘電体のような材料(有機重合材料を含む)を堆積することができる。別の好ましい実施例では、先駆物質ガスは分解して基体上に絶縁膜を堆積するように与えられる。また別の好ましい実施例では、少なくとも1種類のエッチング剤含有先駆物質ガスが前記容器の内部に導入されるように与えられ、それによって、前記装置は堆積層の表面または基体手段の表面をエッチングするようになる。

アプリケーション手段は、好ましくは、細長い導波管の形を採り、真空容器の内部にマイクロ波エネルギーをほぼ均一に放射する少なくとも1つの孔または漏れ口を包含する。ここで、孔の寸法が断続的でもよいし、非断続的でもよく、そして、孔の寸法がマイクロ波エネルギーの1つの波長に等しくてもまたそれより短くてもよいことは了解された。別の実施例では、複数の孔が導波管が長手方

29

30

向に隔たって設けてある。ここで、上述したように、孔の寸法、間隔は断続的であっても非断続的であってもよい。

本装置は、さらに、細長い基体を包含してもよく、その場合、基体は単一の細長い部材であってもよく、導波管の長手方向に沿って複数の個別の小さい基体部材が整列するか、あるいは、細長いウェブが導波管の長手方向に連続的に移動するようになっていてもよい。基体手段はほぼ平らであってもよいし、やや湾曲していてもよい。いずれにしても、基体手段が前記アプリケーション手段の近距離場内に作動可能に配置してあると好ましい。均一な放射手段が放射されたマイクロ波の1つの波長より大きい寸法にわたって導波管からマイクロ波エネルギーをほぼ均一に放射するようになっている。好ましくは、ほぼ均一に放射する手段は12インチ(30.48センチメートル)より大きい寸法にわたって導波管からマイクロ波エネルギーをほぼ均一に放射するようになっている。放射手段はさらにシャック手段を包含してもよく、これ

は放射手段の全長にわたってほぼ均一な密度のマイクロ波エネルギーが孔手段から確実に放射されるようにする。

本装置は、好ましくは、さらに、アプリケーション冷却手段を包含する。この冷却手段は絶縁手段の内部に流れる空気であってもよい。別の好ましい実施例では、冷却手段は前記絶縁手段と同様の形状の、その内部に形成された同心の囲いを包含し、これは絶縁手段との間に導管を構成する。この導管に水、オイル、フレオンのような冷却流体が流入するようになっている。

ここで特に、別の実施例で、本発明の円筒形絶縁手段がさらに普通の低速波式マイクロ波アプリケーションと一併に使用してもよく、その場合、低速波構造はマイクロ波エネルギーをエバネッセント波を介して容器内に結合するようになっている。換言すれば、薄い絶縁手段を利用することができることにより、その絶縁手段を十分に低い温度まで冷却し、比較的高いパワーのマイクロ波エネルギーを真空容器内へ導入し、発生する熱による絶縁手

3 1

段のひび割れを生じさせることなく高電子密度のプラズマを励起することができる。

本発明のこれらおよび他の目的、利点は以下の詳細な説明、図面および特許請求の範囲から明らかとなろう。

(詳細な説明)

本発明は排気した容器内でほぼ均一なプラズマを持続させるマイクロ波エネルギー装置である。容器を大気圧以下の圧力に維持することによって、修正パッシェン曲線の最低値付近で操作するのに必要な圧力に近い圧力でプラズマを操作することができる。低い圧力によれば、プラズマで励起した種のためのより長い平均自由移動経路を得ることもでき、全体的なプラズマの均一性に貢献する。こうすると、マイクロ波エネルギー装置はマイクロ波ソースの近距離場内に配置した基体に対する均一なプラズマ反応を持続させることができる。

第1図は比較的大きな面積にわたってほぼ均一なマイクロ波プラズマを維持するマイクロ波エネルギー装置10を横断面で示している。ここで用い

3 2

る「大きな面積」なる表現は、マイクロ波の1波長分より大きい、好ましくは、12インチ(30.48センチメートル)より大きい少なくとも1寸法を有するボデーを意味している。本装置10は真空容器12を包含し、この真空容器の壁はステンレス鋼のような耐久性のある耐腐蝕性材料で作っていると好ましい。真空容器12は、さらに、真空ポンプに適当に接続できるようになっている吐出ポート14を包含する。真空ポンプは適当な大気圧以下の圧力(真空)に真空容器12の内部を維持してその中でプラズマ・プロセスを持続させるようになっている。真空ポンプは、さらに、前記容器12の内部から反応生成物を取り出すようになっている。

容器12は、さらに、プロセス・ガス入力マニホルド18に接続した少なくとも1つのプロセス・ガス入力ライン16を包含する。このマニホルド18はプロセス・ガスを前記反応容器12の内部、特に、そのプラズマ領域20内に均一に分布させるように配置してある。プロセス・ガス入力マニ

3 3

3 4

ホルド 18 は少なくとも一対のプロセス・ガス収納手段 22、24 間に配置してある。これらのプロセス・ガス収納手段 22、24 はマニホルド 18 によって真空容器 12 のプラズマ領域 20 に導入されるプロセス・ガスを収容している。プラズマ領域 20 内には、基体（単数または複数）26 を支持する手段も存在している。図示していないが、真空容器 12 は基体を所望の温度に維持する手段、たとえば、加熱手段または冷却手段をさらに包含してもよい。

以下に詳しく説明するように、基体は、限定するつもりはないが、単一の細長い部材でもよいし、複数の小さい基体でもよいし、基体材料の連続したウェブでもよい。しかしながら、プラズマ領域 20 は真空容器 12 の底に設けてあるが、マイクロ波エネルギー装置 10 によって維持されるプラズマが非常に均一な性質を持っているために、プラズマ領域 20 を真空容器 12 の頂部、底部、側部のいずれに設けてもよいことには特に注目された。実際、第 1 図に仮想線で示すように、プラズ

マ領域 20 a は容器 12 内のどこに設けてもよい。基体マイクロ波プロセス・ソースから任意の距離のところに設置できるが、好ましい実施例では、マイクロ波プラズマ・ソースの近距離場を超えない距離のところに設置してある。これにより、ガス利用率を比較的高くすることができる。

マイクロ波エネルギー装置 10 は、さらに、前記真空容器 12 の内部に少なくとも部分的に延びているマイクロ波アプリケーション手段 40 を包含する。このマイクロ波アプリケーション手段 40 はマイクロ波エネルギーをそのソースから真空容器 12 の内部に放射してプロセス・ガス・マニホルド 18 によって真空容器 12 に導入されたプロセス・ガスのプラズマを発生させかつそれを維持するようになっている。第 1 図に示すように、マイクロ波アプリケーション手段 40 は容器 12 内に延びている末端部のところに開口端部 44 を有するほぼ矩形の導波管手段 42 を包含する。開口端部は定在波を避けるようになっている。ここで、アプリケーション手段 40 はその末端のところでシールしてもよいこ

3 5

とは了解されたい。導波管手段 42 はその片面を貫いて形成した複数の孔を包含する。これらの孔は導波管がマイクロ波エネルギーを均一に放射できるように寸法、間隔となっている。第 2 図により詳しくマイクロ波アプリケーション手段 40 が示しており、その矩形導波管 42 は末端部 44 を有し、片面を貫いて複数の間隔を置いた孔 46、48、50、52 および 54 が形成してある。第 2 図にさらに示すように、孔 46、48 は導波管材料で塞いであってそこからマイクロ波エネルギーを放射しないようにしてある。ここで、マイクロ波アプリケーション手段 40 によって放射されたマイクロ波エネルギーの密度を導波管手段 42 を貫いて形成された孔のうちの種々のものを塞いだり、開いたりすることによって簡単に所望に応じて分布させるべく制御できることは了解されたい。

本発明者等は、前記孔の任意のものを貫いての漏れ率がその孔の寸法によって大きく左右されるという点で孔の寸法がかなり重要であることを見出した。孔の寸法はマイクロ波エネルギーの波長よ

3 6

り大きくても小さくてもよいが、第 2 図の実施例では、孔がマイクロ波エネルギーの 1 波長分の寸法かあるいはそれより小さい寸法であることが好ましい。さらに、発明者等は第 2 図に示すように孔を部分的に開放することによって装置 10 がほぼ均一なプラズマを持続させることができることも見出した。

あるいは、第 3 図に示すように、マイクロ波アプリケーション手段 140 は開口端部 144 と単一の細長い矩形の孔 146 とを有するマイクロ波導波管手段 142 を包含してもよい。この孔 146 はマイクロ波エネルギーの 1 波長分よりも大きく、矩形のマイクロ波導波管手段 142 の片面のほぼ全体の長さ、幅の寸法にわたって形成してある。開口端部は定在波問題を避けるために設けてあるが、所与の用途のためにこの端部をシールしてもよい。このように構成したアプリケーション手段 140 によれば、マイクロ波エネルギーを孔 146 全体から放射させることができるが、マイクロ波エネルギーのソースに最も近い孔の端でマイクロ波エネルギー

3 7

3 8

の集中度は最大となる。しかしながら、マイクロ波エネルギーの集中度、したがって、プラズマの密度は単一の連結部 152 によって前記マイクロ波導波管手段 142 に取り付けられた少なくとも 1 つの細長い、まっすぐあるいはやや湾曲した金属製のマイクロ波シャック 150 を使用することによって調整することができる。この連結部 152 は、たとえば、マイクロ波エネルギーのソースに最も近い導波管手段側面を設けた溝 155 を貫くピン 153 からなる。前記細長い孔 146 の反対端で前記孔の縁に沿って、たとえば、ガラスまたはテフロンで作った誘電絶縁体手段 154 が配置してある。この誘電絶縁体手段 154 は導波管手段 142 とマイクロ波シャック 150 の間に絶縁バリアを形成する。これが必要なのは、マイクロ波シャック 150 を連結部 152 のところでのみ導波管手段 142 にアースできるからである。シャック 150 と導波管 142 の間に付加的な接触子を設ければ、いわゆる「ジュージュー」アース、すなわち、アーク接触子となる。

39

波アプリケーション手段 40 を隔離する絶縁手段 60 を包含する。この絶縁手段 60 は、好ましくは、マイクロ波エネルギーに対してほぼ透明である誘電材料で作られる。好ましい材料としては石英があるが、他の多くの材料も同等に使用できることは了解されたい。絶縁手段 60 は、さらに、圧力差の存在による力に耐えることができるような形状でなければならない。こうすれば、絶縁手段の厚さを最小限に抑えて冷却を効率良く行なえ、それによって、絶縁手段に悪影響を与えることなく高いマイクロ波パワー密度を使用できる。この目的で、絶縁手段の好ましい形状は少なくともアプリケーション手段 40 の真空容器 12 内に延びている部分を取り囲むようになっている円筒形または半円筒形である。

円筒形または半円筒形はたとえば平らな形状よりは好ましい。円筒であれば、それに固有の強度により平らな形状より薄く作ることができるからである。円筒は薄くてももっと厚い平らな板を必要とする圧力にも耐えることができる。さらには、

41

第 2 図、第 3 図に関連して詳しく説明したアプリケーション手段は、マイクロ波エネルギーが複数の孔を貫いて漏洩または放出するようにした一般に「漏れやすい」マイクロ波構造として知られるタイプのものである。あるいは、ここには図示していないが、マイクロ波アプリケーション手段は低速波式マイクロ波構造であってもよい。低速波構造はエバネッセント波によってかなりのマイクロ波エネルギー部分を給送する。このタイプの低速波構造は Weissfloch 等、Kieser 等の特許に関連して先に説明した。本発明のマイクロ波エネルギー装置 10 は低速波構造に固有の欠陥、すなわち、マイクロ波構造に対して横方向の距離の関数としてプラズマに結合する印加エネルギーの急激な低下をほぼ解決する。この欠陥は、ここでとりわけ、プラズマ領域からマイクロ波アプリケーションを絶縁してアプリケーションにより均一なプラズマを維持させる手段を使用することによって実質的に解消される。

ここで第 1 図に戻って、装置 10 は、さらに、真空容器 12 内でプラズマ領域 20 からマイクロ

40

厚板は薄い円筒ほど均一で比較的低い温度に維持することができない。平らな板はマイクロ波プラズマ装置において特に高いパワーレベルで熱劣化する可能性がある。それと逆に、薄い円筒形の絶縁手段 60 は均一に冷却することができ、したがって、熱劣化合することがなく、印加しようとしているパワーの量に実質的な制限を与えることがない。

さらに、アプリケーション手段 40 は絶縁手段 60 内に配置し、その周面から隔たっていないなければならない。このようにして配置した場合、アプリケーション手段 40 は真空容器 12 を部分的に貫いて延び、容器内に閉じ込められたプラズマ領域 20 にさらされることがない。

第 1 図の円筒形の絶縁手段 60 は真空容器 12 の少なくとも 1 寸法と同じ長さに広がるような形状となっており、真空容器 12 の少なくとも第 1、第 2 の壁部分を貫いて突出している。円筒形の絶縁手段 60 は 2 つのカラー取付具 62、64 によって真空容器 12 の壁を貫いて固定される。カラ

42

ー取付具 6 2、6 4 は、真空容器 1 2 と同様に、ステンレス鋼のような適当な耐腐蝕性材料で作ってであると好ましく、容器 1 2 に取り外し自在に取り付けると好ましい。カラー取付具 6 2 の開口端部 6 6 は連結フランジ 6 8 から突出している。連結フランジ 6 8 は真空容器 1 2 の側壁に直接取り付けであり、円筒形絶縁手段 6 0 の周面と同じ広がりとなっている開口 7 0 を包含し、円筒形絶縁手段 6 0 を受け入れるようになっている。開口端部 6 6 は前記連結フランジ 6 8 から延び、少なくとも 2 つのリング 7 2、7 4 を受け入れるようになり、これらのリング 7 2、7 4 は真空容器 1 2 の内部と外部の周囲状態との間で真空水バリアを形成するようになっている。リング 7 2、7 4 の間には冷却通路 7 3 が設けてあり、これを通して水のような冷媒が循環してリングを均一な低い温度に維持することができる。リング 7 2、7 4 はかなり高い温度、すなわち、1 0 0℃以上の温度に真空・水シールを維持するようになっていると好ましい。

4 3

じ込め手段 8 0 は、円筒形絶縁手段 6 0 の外周面まわりに取り付けてありアース用フィン 8 2 によって前記開口端部 6 6 と電気的に接触している金属製のマイクロ波封じ込めキャニスタから製作するのが普通である。マイクロ波封じ込めキャニスタは開口端部 6 6 を越えて突出する円筒形絶縁手段 6 0 の部分と同じ広がりとなるように作られている。さらに、マイクロ波封じ込め手段 8 0 はさらに開口端部 8 4 を包含し、この開口端部上にマイクロ波阻止用金網 8 6 が配置してあって漂遊マイクロ波を封じ込めるようになっている。金網 8 6 は円筒形絶縁手段 6 0 を通って冷却空気が流れ得るようにもしている。あるいは、第 1 図に仮想線で示すように、マイクロ波封じ込めキャニスタ 8 0 の開口端部 8 4 を余分なマイクロ波放射を吸収するようになっている擬似負荷に取り付けてあってもよい。この実施例は、過剰の反射したマイクロ波エネルギーが反射モードを生じさせ、マイクロ波プラズマの均一性を損なう可能性がある高いパワーレベルで特に有用である。

4 5

円筒形絶縁手段 6 0 は開口 7 0、連結フランジ 6 8、開口端部 6 6 を貫いている。こうすれば、リング 7 2、7 4 が前記円筒形の絶縁手段 6 0 の外周面に対して押圧される。リング 7 2、7 4 の円筒形絶縁手段 6 0 に向っての圧縮は結果として気密・水密シールを与える。ここで、リング 7 2、7 4 の位置が装置 1 0 のプラズマ領域 2 0 の充分外側にあることに注目されたい。これはプラズマ領域 2 0 の外にリングを保つことによって、マイクロ波プラズマに伴う過剰な温度、すなわち、5 0 0℃以上の温度にさらされることのないためである。前述の米国特許第 4,729,341 号に示されているようにプラズマ領域内にリング・シールが設置された場合、特殊な（そして、高価な）高耐熱性が必要であり、これは装置 1 0 の複雑さ、コストを高めることになる。

円筒形絶縁手段 6 0 は前記開口端部 6 6 の外端縁を越えて突出してもよい。円筒形絶縁手段 6 0 のこの部分は、したがって、マイクロ波封じ込め手段 8 0 を備えなければならない。マイクロ波封

4 4

真空容器 1 2 は、さらに、少なくとも第 2 壁部、好ましくはカラー取付具 6 2 を取り付けした壁部と反対側の壁部を貫いて円筒形絶縁手段 6 0 を受け入れるようになっている。カラー取付具 6 4 はカラー取付具 6 2 とほぼ一致して前記反対側の壁部に配置してある。カラー取付具 6 4 は連結フランジ 9 2 から延びる開口端部 9 0 を包含する。連結フランジ 9 2 は反対側の壁部に直接取り付けであり、円筒形絶縁手段 6 0 の周面と同じ広がり開口 9 4 を包含し、この開口は絶縁手段 6 0 を受け入れるようになっている。開口端部 9 0 は連結フランジ 9 2 から突出しており、少なくとも 2 つのリング 9 6、9 8 を受け入れるようになっている。これらのリング 9 6、9 8 は真空容器 1 2 内のプラズマ領域 2 0 と周囲の状態との間に真空水バリアを形成する。リング 9 6、9 8 の間には冷却通路 9 7 が設けてあり、この冷却通路 9 7 を通して水のような冷媒が循環して均一な低い温度にリングを維持することができる。リング 9 6、9 8 は、リング 7 2、7 4 と同様に、高

4 6

温に耐えるようになっている。円筒形の絶縁手段 60 は連結フランジ 92 を貫く開口 94 および開口端部 90 を貫通しており、それによって、リング 96、98 は前記円筒形絶縁手段 60 の外周縁に向って押圧される。前記リングの圧縮は気密・水密シールを行なう機構となる。また、リング 96、98 は、リング 72、74 と同様に、プラズマ領域 20 から充分に外に離れており、劣化するおそれはない。

円筒形絶縁手段 60 の外周面まわりに気密・水密シールを行なうことによって、プラズマ領域 20 を実質的に大気圧以下の圧力に維持すると共に、円筒形絶縁手段 60 の内部を大気圧に維持し、周囲状態に直接さらすことができる。これは実際のところ装置 10 の動作における利点である。真空容器を大気圧以下の圧力に維持することによって、修正パッシュン曲線の最小値付近の動作に必要な圧力に近い圧力で装置 10 を作動させることができる。さらに、低い圧力によって、プラズマ・スペンズの平均自由移動経路を長くすることが

でき、それによって、全体的なプラズマ均一性に貢献する。円筒形絶縁手段 60 の内部が周囲状態にさらされているので、そこを通して冷却空気の流れが維持され、マイクロ波プラズマに伴う過剰な加熱を防ぐことができる。あるいは、シリコンオイルのようなマイクロ波透過冷媒をシリンダ内で循環させて均一な低い温度を維持することができる。開口端部 90 を越えて突出する円筒形絶縁手段 60 は上記タイプの金属製マイクロ波封じ込め手段 100 内に囲まれていなければならない。マイクロ波封じ込め手段 100 は連結板 102 に隣接して配置してあり、この連結板 102 はマイクロ波アブリーク手段 40 とマイクロ波エネルギー・ソースの間で連結をなす。

上述したように、そして、第 1 図に示したように、装置 10 はプラズマ領域 20 を規定しており、この中に基体 28 がマイクロ波アブリーク手段 40 の近距離場によって規定される距離を超えない距離のところで配置される。第 1 実施例においては、第 4 図（同様な参照符号は同様な構造体を

47

示している）に示したように、前記プラズマ領域 20 内に配置した基体 28 は単一の細長い平らな、または、やや湾曲した基体部材の形を採り得る。平らな基体部材 28 はプロセス・ガス封じ込め手段 22、24 間で、アブリーク手段 40 の近距離場の範囲内に作動可能に配置してある。

第 5 図に示す別の実施例では、基体部材 28 は細長いほぼ連続した基体材料ロール 30 の形を採り得る。連続した基体ロールの場合、装置 10 は基体材料がそこを貫いて連続的に前進できるように変更される。必要な変更としては、真空容器 12 の内外へ基体部材を自由に移動させ得るようになっていると共に真空状態を維持しかつプロセス・ガスおよびマイクロ波プラズマの両方を封じ込めることのできるゲート手段 32 を設けることができる。真空容器 12 内に反応ガスおよびマイクロ波プラズマを封じ込めるのに好ましいゲート手段 32 が Cannella 等の米国特許第 4,438,723 号に開示されている（この開示内容はここに参考資料として援用する）。また別の実施例では、第 6 図

48

に示すように、基体は複数の個別の加工片 34 からなり、これらの加工片は基体支持手段 26 によってプラズマ領域 20 内に支持され、プラズマがそれらの上面に働くように配置される。

上述したように、各実施例は基体部材 28 をアブリーク手段 40 の下に配置した状態で説明したが、プラズマの性質がほぼ均一であることにより、プラズマ領域はアブリーク手段 40 の近距離場の範囲内のどこに設けてもよい。入力ガス・マニホールド 18 は金属材料、半導体材料、誘電体材料のようなプロセス材料を基体上に与えるようにプラズマ領域 20 に供給することができる。また別の実施例では、プラズマ領域に導入される先駆物質ガスは分解して基体上に透明で硬質の膜を堆積する。別の実施例では、少なくとも 1 種類のエッチング用先駆物質ガスをプラズマ領域 20 に導入することができる。それによって、装置 10 は内部に設置した基体手段の表面をエッチングすることができる。堆積の 1 例を以下に示す。

#### 実施例

49

50

上述したマイクロ波堆積装置 10 を用いて複数の個別のガラス基体上に硬質の透明なシリコンベース・コーティングを形成した。この装置 10 を用いてこのようなコーティングを行なう正確なステップを以下に説明する。

ガラスで作った複数の基体手段を当業者にとって周知の普通の洗浄剤で洗浄した。ガラス基体を上述の装置 10 のプラズマ領域 20 内に装填した。その後、装置 10 を閉ざしてシールして真空容器の内部と周囲環境との間に気密シールを形成した。次いで、容器の内部を約 20 ～ 25 ミリトールの圧力まで排気した。その後、容器内部に約半時間アルゴンガスを送りこんでバージを行なった。バージの後、容器を約 3 ～ 4 ミリトールのバックグラウンド圧力まで排気した。その後、好ましい供給原料ガスを前記入力ガス・マニホールド 18 を通して容器内に導入した。そのときの配合は次の通りであった。

ガス	流量
SiH <sub>4</sub>	110 SCCM
SiF <sub>4</sub>	31 SCCM
N <sub>2</sub>	475 SCCM
CO <sub>2</sub>	875 SCCM
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	14 SCCM

真空容器の内部への供給原料ガスの流れを開始した後、マイクロ波プラズマを 2.45 GHz の周波数、約 5 キロワットの電力で発生させた。このマイクロ波プラズマはコーティングを堆積させることのできる時間にわたって維持した。マイクロ波プラズマの作動中、円筒形絶縁手段 60 を通して冷却空気を流して均一に低い温度を維持した。その後、マイクロ波プラズマを止め、真空容器 12 内へのプロセス・ガスの流れを停止させた。

その後、反応容器の内部をアルゴンでバージし、反応容器を周囲大気に通じさせた。この後、反応容器を開き、基体を取り出し、均一で透明な硬質シリコンベース・コーティングが施されていることを確認した。

5 1

本発明を好ましい実施例、手順に関連して説明してきたが、発明をこれに限定するつもりがないことは了解されたい。それどころか、特許請求の範囲に定義されている発明の精神、範囲内に入るすべての代替物、変形例、均等物を含むものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第 1 図は細長くて大きな面積を模切って均一なマイクロ波プラズマを生じさせるように配置した本発明の構成要素を示す、真空容器を通る横断面図である。

第 2 図は片面を貫いて形成した間隔を置いた個別の孔を持つ本発明の放射型マイクロ波アプリケーションの第 1 実施例を示す部分斜視図である。

第 3 図は片面を貫いて形成した単一の細長い孔とその上に配置したシャック手段とを有する本発明の放射型マイクロ波アプリケーションの第 2 実施例を示す部分斜視図である。

第 4 図は第 1 図に示すタイプの真空容器を縮小して示す部分破断斜視図であり、放射型マイクロ

5 2

波アプリケーションに対して配置してその上面にプラズマの働きを受けるようになっている単一の細長い基体を示す図である。

第 5 図は第 1 図に示すタイプの真空容器を縮小して示す部分破断斜視図であり、放射型マイクロ波アプリケーションに対して配置してその上面にプラズマの働きを受けるようになっている連続した基体材料ウェブを示す図である。

第 6 図は第 1 図に示すタイプの真空容器を縮小して示す部分破断斜視図であり、放射型マイクロ波アプリケーションに対して配置してその上面にプラズマの働きを受けようになっている複数の間隔を置いた個別の基体を示す図である。

図面において、

- 10 ……マイクロ波エネルギー装置
- 12 ……真空容器
- 16 ……プロセス・ガス入力ライン
- 18 ……プロセス・ガス入力マニホールド
- 20 ……プラズマ領域
- 22、24 ……プロセス・ガス封じ込め手段

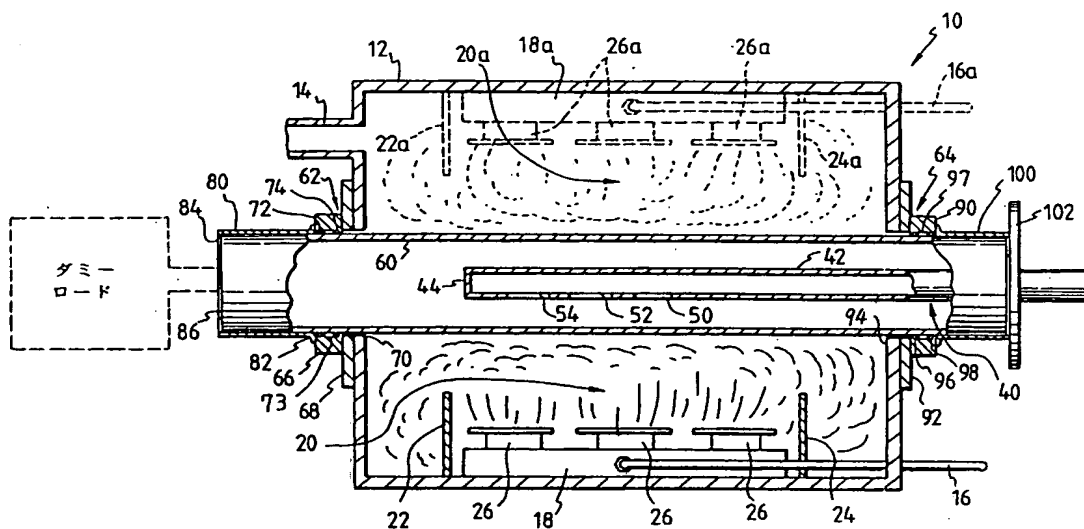
5 3

5 4

- 26 …… 基体支持手段
  - 40 …… マイクロ波アブリケータ手段
  - 24 …… 導波管
  - 46、48、50、52、54 …… 孔
  - 60 …… 絶縁手段
  - 62、64 …… カラー取付具
  - 72、74 …… オリング
  - 80 …… マイクロ波封じ込め手段
  - 86 …… マイクロ波阻止用近網
  - 96、98 …… オリング
  - 150 …… マイクロ波シャック
- である。

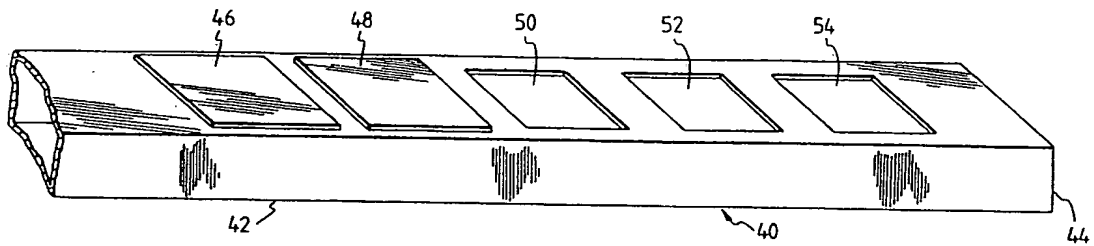
55

第 1 図

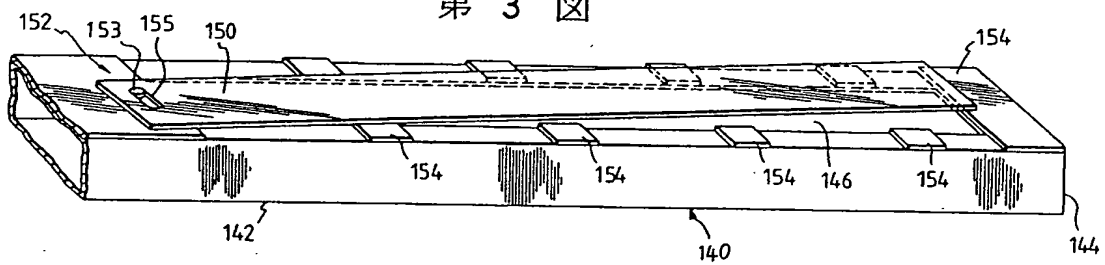




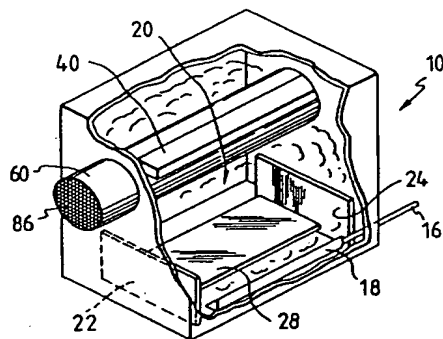
第 2 図



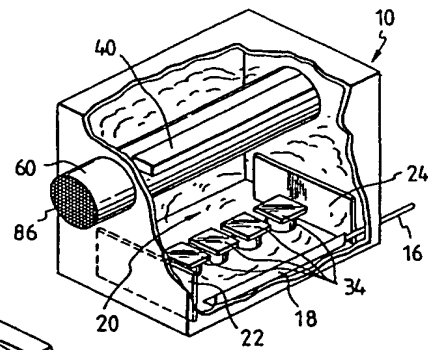
第 3 図



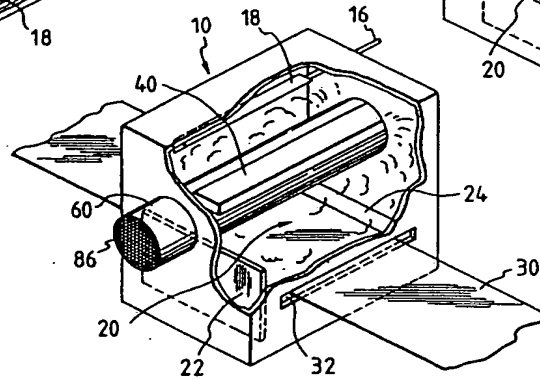
第 4 図



第 6 図



第 5 図



第1頁の続き

⑫発明者

ジェフリー エム. ク  
リスコ

アメリカ合衆国 48031 ミシガン, ハイランド, トマホ  
ーク トレイル 590